

**GUIDO FRANZONI,
LUCA NONFARMALE**

*Studenti del Liceo Scientifico «Belfiore»
di Mantova*

Presentazione di M. Francesio

GIOVANI AUTORI

Determinazione del punto di solidificazione di una miscela binaria

Da diversi anni tengo un corso sperimentale, basato sul noto progetto I.P.S., in un biennio del Liceo Scientifico di Mantova. Durante il corso gli allievi eseguono la classica esperienza per la determinazione del punto di solidificazione di una sostanza pura, utilizzando naftalina o paradichlorobenzene.

Lo scorso anno, due ragazzi della II B mi sono venuti a chiedere che cosa succede se anziché naftalina o paradichlorobenzene puri si usa per l'esperimento una miscela delle due sostanze: il notevole interesse dimostrato per il problema rivelava chiaramente che, attraverso un caso particolare e che si riferiva direttamente alla loro esperienza, i ragazzi si ponevano il problema generale del cambiamento di stato di una miscela binaria. Evitando di dare una risposta diretta li ho invitati a provare a risolvere il problema per via sperimentale. I ragazzi si sono messi al lavoro con entusiasmo e senza scoraggiarsi di fronte alle difficoltà che inevitabilmente si incontrano quando si affronta un problema nuovo e si realizza un esperimento non prefabbricato.

Particolarmente stimolanti si sono rivelati in proposito i suggerimenti del prof. Riccardo Freda dell'Istituto Tecnico Industriale «E. Fermi» di Mantova, che ha seguito i due ragazzi nella fase risolutiva della loro ricerca.

Quella che segue è la relazione del loro lavoro, presentata al Congresso di Rimini il 2 Ottobre 1978.

Introduzione

Una proprietà caratteristica di quasi tutte le sostanze pure è il punto di solidificazione, o, se il processo avviene in senso inverso, di fusione. In pratica una sostanza passa dallo stato liquido allo stato solido sempre alla stessa temperatura e, anche se variano le condizioni d'ambiente (diminuendo o aumentando la temperatura), la temperatura della sostanza rimane sempre costante fino a quando è determinato il processo di cambiamento di stato.

Da questa considerazione è venuta l'idea di determinare il punto di solidificazione di un miscuglio costituito da due sostanze «pure»: naftalina e paradichlorobenzene, i cui punti di fusione sono rispettivamente di 80° e 52°C circa.

Abbiamo effettuato una serie di esperimenti utilizzando varie miscele che differivano tra di loro per la quantità di naftalina e paradichlorobenzene che le componevano. Ogni miscela veniva riscaldata sino a fusione completa e poi lasciata raffreddare, registrando la temperatura ogni 15 secondi. I dati così raccolti venivano riportati su un grafico che esprimeva la temperatura della miscela in funzione del tempo.

Prima di iniziare questa serie di esperimenti eravamo convinti che si sarebbero trovati

sempre due punti di solidificazione, uno alla temperatura alla quale fonde la prima sostanza, uno alla temperatura alla quale fonde la seconda, indipendentemente dalla composizione della miscela adoperata. Ci siamo resi conto però che il comportamento della miscela non era così; per questo abbiamo deciso di effettuare una serie di esperimenti.

Descrizione dell'esperimento e della apparecchiatura

Ogni esperimento è stato realizzato mediante l'uso dell'apparecchiatura riprodotta in fig. 1. Una provetta contenente la miscela fusa a più di 80°C (miscela riscaldata con un fornellino ad alcool) era posta in un bagno a temperatura ambiente (18-20°C) circondato da un altro bagno a 0°C (bagno costituito da ghiaccio fondente). Con questo sistema riuscivamo a portare la miscela da 80-90° a 5-10°C in un tempo abbastanza lungo da permetterci di osservare il cambiamento di stato della miscela stessa. Infatti la provetta era raffreddata dal bagno a temperatura ambiente, che, a sua volta, era raffreddato gradatamente dal bagno costituito da ghiaccio fondente. All'interno della provetta, insieme alla miscela fusa, c'erano un termometro (0-100°C) ed un agitatore per mantenere omogenea la temperatura che tendeva ad essere più bassa vicino

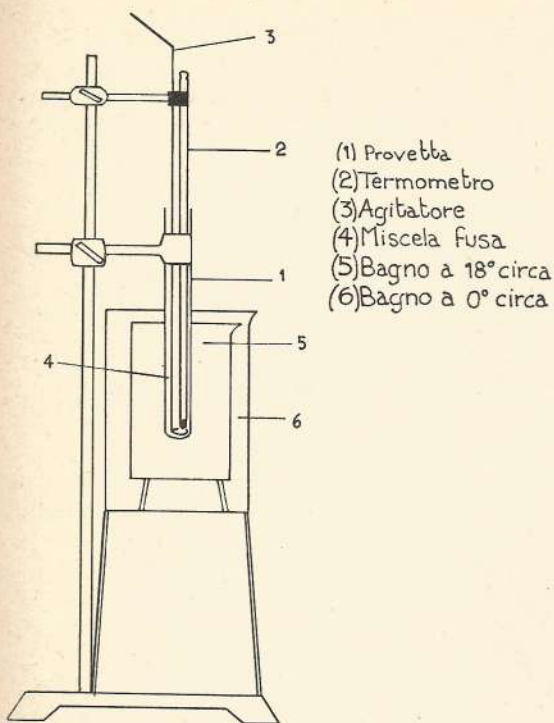


Fig. 1

alle pareti della provetta a contatto col bagno freddo e più alta vicino al termometro, verso il centro della provetta.

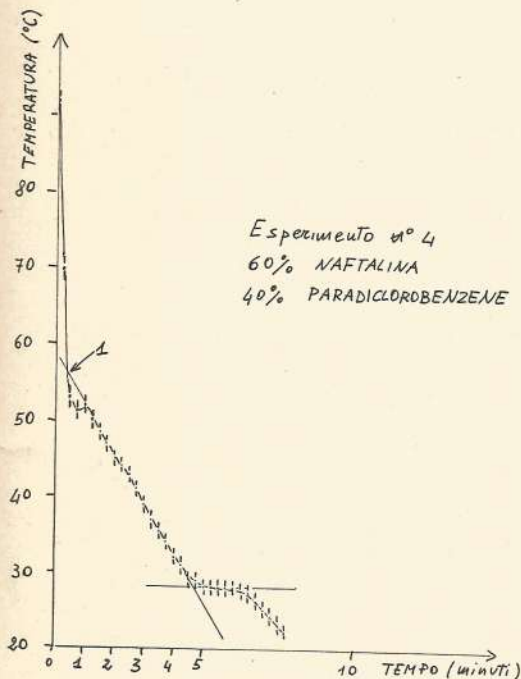


Fig. 2

Ogni 15 secondi veniva registrata la temperatura ed al termine di ogni esperimento veniva eseguito il grafico temperatura-tempo simile a quello mostrato in fig. 2. Si può notare che la curva, nella prima parte, è molto ripida e presenta una gobba prima di cambiare pendenza: per l'inerzia del sistema la temperatura tende a diminuire di 1 o 2 gradi più del necessario e quindi a risalire prima di riprendere di nuovo a scendere in modo regolare e più lento. Per non considerare questo effetto, abbiamo corretto la curva di raffreddamento con una linea spezzata e preso il punto 1 come temperatura alla quale si registra il cambio di pendenza.

Descrizione ed analisi dei risultati

Tutti i grafici temperatura-tempo ricavati dagli esperimenti realizzati sono molto simili tra loro e possono essere riassunti nel grafico in fig. 3: la curva di raffreddamento è stata rappresentata mediante una linea spezzata per poter essere analizzata più facilmente. Così la nostra curva è suddivisa in 5 parti: a, b, c, d, e.

Il tratto *a* è caratterizzato in tutti i grafici da una forte pendenza dovuta al rapido raffreddamento della sostanza: durante questo tratto la miscela è limpida perché è ancora tutta fusa.

Il tratto *b* è quello che ha la forma più strana di tutti: in alcuni esperimenti abbiamo che questo tratto coincide con un cambio di

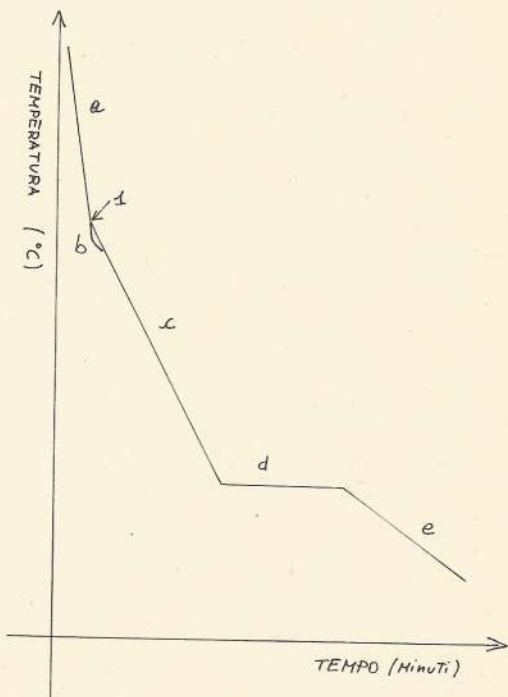


Fig. 3

pendenza della curva, in altri è costituito da una gobba. Durante il tratto *b* la miscela si intorbidisce per precipitazione o solidificazione di una parte della miscela; non si tratta, comunque, e di questo siamo certi, di solidificazione di tutta la miscela, poiché l'agitatore si muove agevolmente nella provetta.

Il tratto *c* non presenta alcun fenomeno nuovo: niente si solidifica o precipita.

Il tratto *d* è caratterizzato, in tutti gli esperimenti realizzati, dalla solidificazione completa della miscela rimasta liquida: la temperatura si mantiene costante per un certo tempo, fino al completamento del processo di solidificazione, e poi continua a scendere nel tratto *e*.

* * *

Le parti più significative del grafico sono la *b* e la *d* poiché si verificano dei cambiamenti di stato o delle precipitazioni: inoltre il pianerottolo del tratto *d* di fig. 3 si registra, per tutti gli esperimenti realizzati, alla stessa temperatura mentre il tratto *b* si trova a temperature diverse.

La temperatura corrispondente al cambio di pendenza registrabile nel tratto *b* è diversa nei vari casi; abbiamo ritenuto che questo fenomeno fosse collegato alle percentuali delle sostanze componenti la miscela, percentuali che variavano di volta in volta. Abbiamo così compilato la tabella I: le prime due colonne si riferiscono rispettivamente alle percentuali (in massa) di naftalina e paradichlorobenzene presenti nella miscela; la terza colonna si riferisce alle temperature corrispondenti al punto 1 della figura 3 (ricordiamo che il punto 1 in ogni grafico è il punto in cui si registra il cambio di pendenza tra il tratto *a* e *b* della curva); nella quarta colonna sono riportate le temperature corrispondenti ai pianerottoli.

TABELLA I

% in massa di naftalina	% in massa di paradichlorobenzene	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
90	10	78	28
80	20	74	28
70	30	66	29
60	40	56	28
50	50	46	29
40	60	35	29
34	66	32	28
30	70	36	29
25	75	41	29
20	80	45	29
10	90	51	28
5	95	52	28

rottoli registrati in ogni esperimento (tratto *d* della fig. 3). Se si leggono dall'alto al basso le temperature riportate nella terza colonna si può notare che esse prima diminuiscono da circa 80° a 30°C e poi riprendono a salire oltre i 50°C (80°C e 52°C sono le temperature di solidificazione rispettivamente di naftalina e paradichlorobenzene).

Dai dati della tabella I abbiamo ricavato i grafici riprodotti in fig. 4, dove in ascissa sono riportate le percentuali in massa di naftalina e paradichlorobenzene (colonna 1, 2 della tabella) e in ordinata le temperature corrispondenti alla colonna 3 e 4 della tabella. Si ottengono così rispettivamente una curva che assomiglia ad una «V» ed una retta.

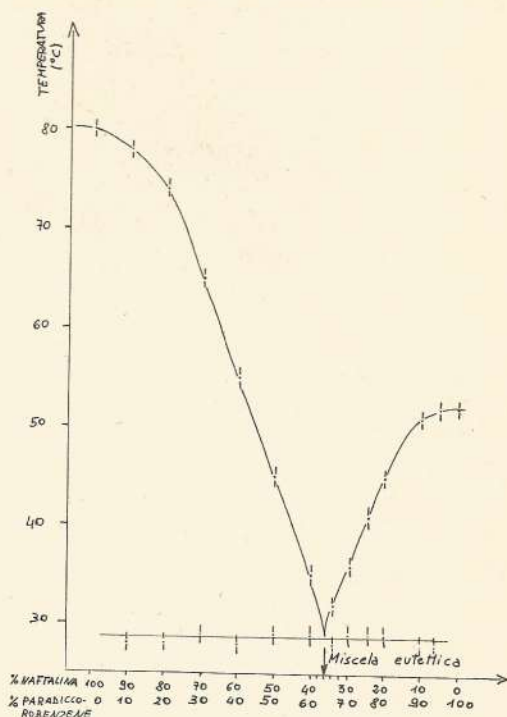


Fig. 4

Il vertice della «V» cade sulla retta e corrisponde ad una miscela costituita dal 36% di naftalina e dal 64% di paradichlorobenzene. Abbiamo sperimentato che una miscela costituita dalle due sostanze in questa proporzione solidificano totalmente a 28°C circa.

* * *

Abbiamo notato che per tutte le miscele di naftalina e paradichlorobenzene si ha sempre un pianerottolo a 28°C circa e che la miscela composta dal 36% di naftalina e dal 64% di paradichlorobenzene (chiamata miscela eutettica) solidifica tutta a 28°C. Da ciò possiamo dedurre che, molto probabilmente, in tutti gli esperimenti solidifica per ultima la misce-

la eutettica e, poiché al di sotto di tale temperatura non accade più nulla, la sostanza rimanente dovrà solidificare o precipitare al di sopra di tale temperatura, presumibilmente nel tratto *b* della curva di fig. 3.

Per le miscele più ricche di naftalina, rispetto alla miscela eutettica, si tratterà di una solidificazione o precipitazione della naftalina che non entra nella composizione della miscela eutettica; lo stesso discorso vale per le miscele più ricche di paradichlorobenzene: la quantità di questa sostanza che non rientra nella composizione della miscela eutettica precipita o solidifica prima dei 28°C.

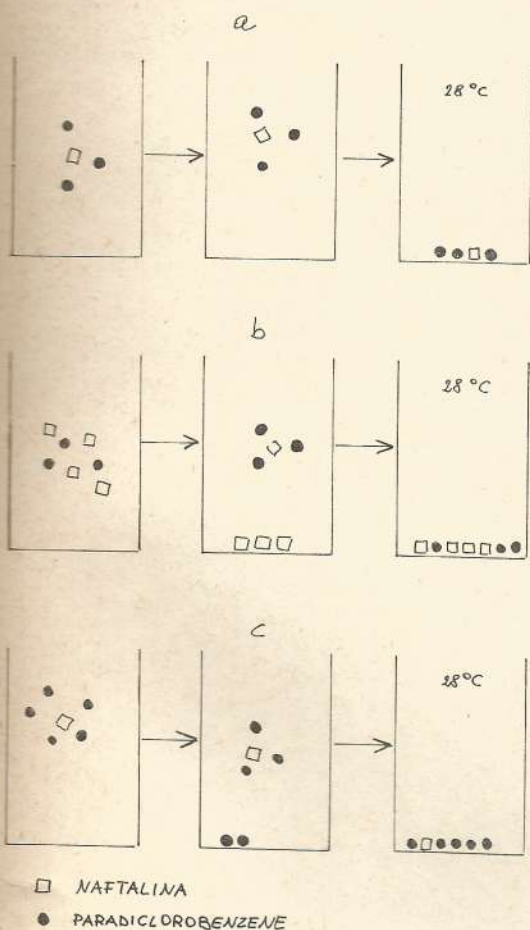


Fig. 5

Quanto detto viene illustrato mediante la fig. 5, che risulta suddivisa in 3 parti:

a mostra il processo di cambiamento di stato della miscela eutettica: come si può vedere la miscela solidifica tutta in una volta durante il raffreddamento;

b mostra il processo di cambiamento di stato di una miscela più ricca di naftalina della miscela eutettica: dapprima precipita o solidifica parte della naftalina presente e poi la miscela eutettica;

c mostra lo stesso processo illustrato in *b*, dove alla naftalina si sostituisce il paradichlorobenzene.

Possibili spiegazioni dei risultati ottenuti

Dopo aver analizzato i fatti proponiamo qualche possibile spiegazione di essi, senza pretendere di dare una esatta interpretazione.

* * *

Se scartiamo a priori la possibilità di una reazione chimica avvenuta tra naftalina e paradichlorobenzene con conseguente formazione di nuovi composti, rimangono due possibili spiegazioni.

La prima è questa: si potrebbe considerare la miscela eutettica come un solvente e la naftalina e il paradichlorobenzene in più come soluto. Al di sopra di 28°C il solvente è liquido. Sappiamo dal grafico di fig. 4 che, prese due miscele più ricche, per esempio, di naftalina (il discorso vale anche per le miscele più ricche di paradichlorobenzene) della miscela eutettica, quella delle due che presenta maggior quantità di naftalina, rivela un cambio di pendenza ad una temperatura più alta. Questo può essere spiegato se consideriamo una soluzione di naftalina in miscela eutettica fusa: è evidente che se c'è più naftalina, essa comincia a precipitare ad una temperatura più alta, dato che si raggiunge subito la saturazione, e se c'è meno naftalina, essa comincia a precipitare ad una temperatura più bassa. Ciò spiega la forma a «V» del grafico riassuntivo (fig. 4) ma non si spiega altrettanto bene perché la precipitazione coincida con un cambio di pendenza.

La seconda spiegazione è questa: naftalina e paradichlorobenzene, che non rientrano nella composizione della miscela eutettica, potrebbero solidificare: ciò spiega i cambi di pendenza (liberazione di calore dovuta al processo di solidificazione) o le gobbe (dovute alla troppa rapidità del processo di raffreddamento nella parte *a* di fig. 3: la temperatura scende di 1-2°C sotto la reale temperatura di solidificazione e poi risale) ma non spiega perché naftalina e paradichlorobenzene solidifichino a temperature diverse dai loro punti di solidificazione.

Vorremmo concludere questa ricerca ringraziando il Prof. Maurizio Francesio del Liceo Scientifico «Belfiore» di Mantova e il Prof. Riccardo Freddi dell'I.T.I.S. «E. Fermi» di Mantova per averci aiutato e consigliato durante il lavoro.